Beitrag zur Lösung der Frage, ob durch den Vegetationsprozefs chemisch unzerlegbare Stoffe gebildet werden?

Von

Dr. P. E. Jablonski.

(Hiezu Tab. V. fig. 10.)

Von jeher ist es ein Streitpunkt gewesen, ob nicht in lebenden Organismen die Gesetze der chemischen Anziehung durch die Lebenskraft so durchgreifende Störungen erlitten, dafs die allgemeinen chemischen Gesetze bei der Bildung organischer Produkte keine Anwendung fänden. Erst die in neueren Zeiten so sehr vervielfältigten Untersuchungen von organischen Verbindungen haben gezeigt, dafs wenigstens in solchen Vorgängen der lebenden Organismen, die mehr Stoffbereitung und Umwandlung als Formbildung zum nächsten Zweck haben, die Lebenskraft nicht andere Verwandtschaften der Elemente hervorruft, oder ein neues, dem electro-chemischen entgegengesetztes Princip bedingt. Ihr Einflufs scheint sich bei den Processen der Assimilation und Secretion vielmehr darauf zu beschränken, dafs sie den Bestandtheilen der organischen Verbindungen verstärkte Polarität erweckt, durch welche sie an einer freiwilligen Zersetzung gehindert und in gewissem Grade gegen die überwältigende Einwirkung der umgebenden Media gesichert werden, die wir nach dem Aufhören des organischen Lebens so gewaltsam einschreiten sehen.

Dafs sich aber in den speciellen Fällen die gebildeten organischen Produkte häufig nicht als nothwendig aus dem chemischen Conflicte hervorgehend darthun lassen, liegt hauptsäch-

lich in der stetig wechselnden Einwirkung der Stoffe auf einander, die ja geradehin als Definition des Lebens aufgestellt worden ist, und die dieselben jeder in's Einzelne gehenden Berechnung entzieht. Diese ununterbrochene Umwandlung der Stoffe wird aber vornehmlich dadurch begünstigt, dafs die Hauptbestandtheile der organischen Körper, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, einander sämmtlich in der electro-chemischen Reihe der Elemente nicht sehr fern stehen, also auch nicht sehr feste chemische Verbindungen unter sich eingehen können. Die beiden negativeren Sauerstoff und Stickstoff, sowie die beiden positiveren Kohlenstoff und Wasserstoff können einander oft aus ihren Verbindungen austreiben, oder wenn der eine der negativen in gröfserer Menge auftritt, so kann er beide positivere zugleich anziehen, und umgekehrt, so dafs auch die Bildung von sogenannten ternären Verbindungen, die in der organischen Natur so häufig wirklich auftreten, erklärlich wird, was hier weiter auszuführen nicht der Ort sein möchte.

Was nun besonders den Assimilationsprocefs der Pflanzen anlangt, so ist häufig behauptet worden, dafs dabei Alkalien und Erden erzeugt würden, und diese Meinung ist zuerst ganz bestimmt, und als auf Versuche gestützt, von Schrader in der bekannten Preisschrift (Ueber die eigentliche Beschaffenheit und Erzeugung der erdigen Bestandtheile in den verschiedenen inländischen Getreidearten. Berlin 1800) ausgesprochen worden. Obgleich die späteren Beobachter *) fast sämmtlich auf den verschiedensten Wegen entgegengesetzte oder schwankende Resultate erhielten, so wird doch von einem grofsen Theil der Forscher in der organischen Natur jene Meinung gern ausgesprochen, wonach zu den vielen unerklärlichen Wirkungen der Lebenskraft noch die hinzukäme, chemisch noch unzerlegte Körper zu schaffen. Dies kann aber nur gedacht werden, entweder wenn man annimmt, dafs die Menge der tellurischen Materie überhaupt sich vermehre, oder wenn man die Hypothese geltend macht, dafs *Silicium*, *Kalium* etc. durch Abscheidung und anderweitige Wiedervereinigung unbekannter Grundstoffe entstünden.

*) Die Hauptpunkte und Citate aus der hierher gehörigen Litteratur findet man zusammengetragen in Gmelin's Handbuch der theoretischen Chemie, Bd. II. Abth. 2. p. 1485—94.

Der Streit über die erste von diesen Ansichten mufs mehr auf dem Felde der reinen Spekulation geführt werden, und kann von den Erfahrungswissenschaften schwerlich Erledigung hoffen. Wenn aber eine so geringe Zahl kleiner Gewächse, die nur wenige Wochen oder Monate unter den ungünstigsten Verhältnissen vegetirt hatten, wie bei den Versuchen von Schrader und Braconnot, schon einen merklichen Zuwachs an Alkalien, Erden und namentlich Kieselsäure zeigten, so hätte die an der Erdoberfläche sich bildende und häufende Materie sich wohl schwerlich durch alle historischen Zeiten hindurch der Beobachtung entziehen können; auch wäre es sehr sonderbar, wenn diese so eben fixirte Materie gleich die Eigenschaften der am wenigsten flüchtigen, die Materie im Gegensatz zum Immateriellen gleichsam repräsentirenden Stoffe, wie Kieselerde, annehmen sollte.

Was die zweite Hypothese betrifft, dafs Kiesel, Kalium, Calcium mittelst einer durch das Leben bedingten Zersetzung und der Vereinigung ausgeschiedener, unbekannter Grundstoffe gebildet würden, so fragt es sich, ob der Assimilationsprocefs der Pflanzen uns Ursache giebt, eine so aufserordentliche und kräftige chemische Thätigkeit dabei anzunehmen?

Bei der Betrachtung der wichtigsten Elemente in den Vegetabilien zeigte sich schon oben, dafs nur eine geringe Verwandtschaft zwischen ihnen stattfindet, dafs also alle Verbindungen, die sie unter einander eingehen, nur geringe Beständigkeit besitzen. Wir wissen, dafs sogar bei Nacht stets ein Theil der bei Tage gebildeten Produkte wieder zersetzt wird, dafs also selbst der auf kräftige Verbindungen so geringe Einfluſs des Lichts und der nicht bedeutenden Temperaturdifferenz für ihr Fortbestehen wesentlich ist. Wir sehen, dafs entschieden sauer oder alkalisch reagirende anorganische Stoffe einen mächtigen Einfluſs auf das Pflanzenleben äufsern, und seine Produkte schnell so zersetzen, dafs die durch sogenannte prädisponirende Verwandtschaft geforderten Verbindungen entstehen. Ferner üben alle Verbindungen der Metalle wegen ihrer stark polarischen Einwirkung einen so verderblichen Einfluſs auf die organischen Körper aus, und zwar durch Zersetzung der für das Leben nothwendigen Verbindungen, und durch Bildung von schwer

zersetzbaren Produkten im Gegensatz zu der nothwendigen Zersetzbarkeit organischer Verbindungen, die Grundbedingung des Lebens ist.

Kurz jede Einwirkung bedeutend elektrisch-polarer Stoffe auf den Organismus zeigt, wie gering die chemischen Verwandtschaften sind, durch die alle Stoffveränderungen in den lebenden Körpern hervorgerufen werden. Wie sollte sich damit nun die Voraussetzung von so mächtigen chemischen Kräften vereinbaren lassen, welche Stoffe in noch einfachere Bestandtheile als die bekannten zu zerlegen, und daraus Alkalien und Erden zusammenzusetzen vermöchten? Oder sollten die Radikale der Alkalien und Erden Zusammensetzungen aus bekannten Elementen, etwa den permanenten Gasen, oder welchen anderen man will, sein, so wäre nicht zu begreifen, warum sich diese Zusammensetzungen nicht überall unter unseren Augen bilden sollten, da sie wegen ihrer anscheinenden Unzersetzbarkeit nur den stärksten Verwandtschaften ihre Entstehung verdanken könnten.

Wenn ferner die Lebenskraft der Gräser es vermöchte, wie die Schraderschen Versuche beweisen sollten, aus Schwefel und den Bestandtheilen der Atmosphäre und des Wassers Erden und Alkalien zu erzeugen, um sich die ihnen nöthige Rinde von Kieselsäure und die gewöhnlichen Salze zu verschaffen, wenn ihre Lebenskraft in solchem Maafse Herr über die ungünstigen Einflüsse wäre, denen Zufall oder Wifsbegierde die Pflanzen unterwirft, so müfsten sie gewifs noch viel leichter Veränderungen des Bodens, des Standorts ertragen; aber es ist bekannt genug, dafs allen *Ericeen* die leichte Haideerde unentbehrlich ist, dafs nur die wenigsten Alpenpflanzen sich von ihren eigenthümlichen Standörtern in die Ebenen verpflanzen lassen, dafs bald stehendes, bald fliefsendes Wasser, und viele andere Erfordernisse das Leben der Pflanzen bedingen. Sehr interessante Mittheilungen über diesen Gegenstand hat Roulin in der *Revue des deux mondes IV. Livraison* 1. gemacht, worin er zeigt, dafs, eben so wie dieselben jährigen Pflanzen nicht Jahr für Jahr in demselben Boden gedeihen, auch ausdauernde Gewächse eine solche relative Erschöpfung des Bodens hervorbringen. Dureau de Lamalle hat in den französischen Forsten für mehrere Jahrhunderte aus Pacht- und Kauf-Kontrakten und ähnlichen Quellen die unge-

fähre Ordnung nachgewiesen, in der die Waldbäume nach einander in den Forsten vorherrschen. Auch in der neuen Welt folgte nach Roulin auf die Ausrottung von Urwäldern gleichfalls eine Reihe von freiwilligen Veränderungen in der Vegetation, doch kennt man darin noch keinen Cyklus. Diese Erscheinungen hat nun Macaire-Princep durch Versuche erläutert, nach welchen jede Pflanzenart durch die Wurzelzasern Stoffe excernirt, die zu ihrer Ernährung untauglich sind, von anderen Arten aber wieder aufgenommen werden, und für diese sehr gute Nahrungsstoffe abgeben können. Also auch hier zeigt sich die Lebenskraft und zwar durch organische Verbindungen überwältigt, die doch viel leichter als anorganische Stoffe von ihr beherrscht werden sollten.

Um die Schraderschen und ähnliche Versuche wo möglich direkt zu widerlegen, habe ich endlich ähnliche angestellt, deren Resultate meine Ansicht durchaus unterstützen.

Bei der Musterung der Stoffe, in welche ich Behufs dieser Versuche Pflanzen säen könnte, fand ich ebenfalls den Schwefel am brauchbarsten; ich liefs also eigens Schwefelblumen zu diesem Zweck mit Salzsäure digeriren, und wusch sie so lange aus, bis die saure Reaktion verschwand, beim Verbrennen fand ich dann einen Rückstand gröfstentheils von Eisenoxyd, der aber gewöhnlich weniger als $\frac{1}{10}$ pCt. vom Gewichte des Schwefels betrug, und noch eine Spur Kieselerde und Kalk enthielt. In einem porzellanenen Gefäfs mit einer hohen Glasglocke bedeckt wurden nun Saamen von Gartenkresse, von Roggen, Hafer, Mais und Kohl zu verschiedenen Malen gesäet, und zuerst mit destillirtem Wasser, später mit kohlensäurehaltigem begossen. Die Pflanzen keimten gewöhnlich, die Kresse binnen 2 Tagen, die übrigen bis zum 14ten, und wuchsen dann einige Wochen, indem die Dicotyledonen langsam ihre Cotyledonen entwickelten und die *Plumula* kaum Neigung zeigte sich zu verlängern oder zu entfalten, und die Monocotyledonen nur ein etwa Zoll langes, noch ganz zusammengewickeltes Blatt zeigten. Dies war stets die ganze Entwickelung, zu der ich sie bringen konnte, und nach drei bis vier Wochen waren alle wieder todt. Schon begann ich zu fürchten, ob der Schwefel durch seine bekannte Neigung etwas schwefelichte Säure zu bilden nicht Ursache an dem schnel-

len Vergehen der jungen Pflanzen sei, aber die früheren Erfahrungen Anderer, die die Pflanzen unter gleichen Bedingungen mehrere Monate wachsen sahen, ermuthigten mich zu neuen Versuchen, und zugleich bedachte ich, dafs eine geringe Menge durch so viel Wasser verdünnte schwefelichte Säure der ersten Lebensperiode der Pflanzen eher nützlich als schädlich sein müfste, und dafs sogar die Anwesenheit des mit Kohlensäure geschwängerten Wassers die Bildung von schwefelichter Säure, die sonst in feuchter Luft so leicht geschieht, aus einleuchtenden electro-chemischen Gründen beschränken müfste. Ich mufste also das frühe Absterben meiner Pflanzen einem anderen Grunde zuschreiben, und wandte nun in einer Apotheke gewaschene Schwefelblumen an, die nicht mit Säuren vorher behandelt waren, und auch leichter eine kleine Beimischung von organischen Stoffen haben konnten. Sie hinterliefsen beim Verbrennen vier Procent kohliger Masse, und nach längerem Glühen $1\frac{1}{3}$ Procent Asche aus Eisenoxyd, Kalk und Kieselsäure bestehend. In diesen Schwefel säete ich Kohlsaamen, der vom dritten bis zum siebenten Tage keimte. Vom zehnten Tage an trieben die Pflänzchen einige Blätter, höchstens aber fünf. Nach der zweiten Woche vertrockneten die Saamenlappen, die meisten Pflanzen aber behielten ihr frisches Ansehn, und wuchsen ungefähr bis zur Höhe von 4 Zoll über dem Schwefel. Sie wurden abwechselnd mit kohlensaurem Wasser, und einer sehr verdünnten Auflösung von kohlensaurem Ammoniak begossen, die auf ein Quart Wasser 6 Grammen von dem Salz enthielt. In der siebenten Woche schienen sie mir gelblicher und der gröfsere Theil der noch lebenden trieb aus dem Stengel eine Anzahl Luftwurzeln *), von denen einige bis zur Oberfläche des Schwefels sich verlängerten. In der zehnten Woche starben die letzten von ihnen, ohne in den letzten drei Wochen irgend merklich zugenommen zu haben.

Aus diesen Versuchen schien mir deutlich hervorzugehen, dafs die Pflänzchen nur so lange fortlebten, als die im Albumen oder den Cotyledonen niedergelegten Nahrungsstoffe die zum Pflanzenleben nothwendigen chemischen Prozesse erleiden konn-

*) Siehe die Abbildung Tab. V. Fig. 10.

ten; sobald aber ihre Verbindungen eine relative chemische Indifferenz erreicht hatten, war auch der Tod unvermeidlich, und Kohlensäure und Wasser allein zeigten sich nicht geeignet, die neue Bildung von organischen Stoffen zu unterhalten.

In dem letzten Versuche aber, der wahrscheinlich den von Schrader angestellten am nächsten kommt, wurde die Vegetation durch die Anwesenheit von etwas organischer Materie und Kalksalzen nebst Kieselsäure begünstigt, so dafs bei der gleichzeitigen Anwesenheit von Wasser, Kohlensäure und etwas Ammoniak der Lebensprocefs eine längere Zeit, wenn auch in geringer Energie unterhalten wurde; obgleich aber alle die elementaren Stoffe, die die Pflanzen zusammensetzen, vorhanden waren, konnten doch organische Verbindungen nicht in der erforderlichen Art gebildet werden, augenscheinlich weil Pflanzenreste, welche die am leichtesten assimilirbaren Nahrungsstoffe liefern, fehlten.

Dafs übrigens Kieselsäure, sowohl als die Erden in Auflösungen, von den Pflanzen aus dem Erdreich aufgenommen werden können, ist wohl unbestreitbar, da ja selbst aus Glasgefäfsen von destillirtem Wasser Kieselsäure aufgelöst wird, und alle in Betracht kommenden Erdsalze ebenso, wenn auch zum Theil in sehr geringer Menge, auflöslich sind.

Zur Analyse der im Schwefel gewachsenen Pflanzen konnte ich wegen ihrer geringen Menge nie gelangen; auch ist es sehr schwierig, die aus ihnen erhaltene Asche mit der Asche der verbrannten Saamen zu vergleichen, weil dabei die noch Monate lang unzersetzt bleibenden Pericarpien in Abrechnung gebracht werden müfsten.

Dafs übrigens bei den von Schrader im Jahre 1800 gemachten Analysen sich kleine Fehler, von der Verbrennung der Filtra und ähnlichen Umständen herrührend, einschleichen konnten, ist sehr begreiflich, wenn man bedenkt, durch wie viele mechanische Vortheile die Genauigkeit der heutigen Analysen begünstigt wird, und dafs die Auflöslichkeit der Gefäfse, die Beschaffenheit des destillirten Wassers und viele andere Umstände, von so grofsen Einflufs bei ähnlichen Arbeiten, damals noch nicht genug berücksichtigt wurden.